

[Home](#) [About sipo](#) [News](#) [Law&policy](#) [Special topic](#)

SITE SEARCH



MEMS magnetic driving switch and related switch array

Application Number	01101377	Application Date	2001.01.16
Publication Number	1396291	Publication Date	2001.06.01
Priority Information	US09/487,9762000/1/20		
International Classification	H01H36/00		
Applicant(s) Name	Kronos Integrated Microsystems Inc.		
Address			
Inventor(s) Name	Edward A. Hill;Ramasvarni Mahadvan		
Patent Agency Code	11038	Patent Agent	wang machua

Abstract

A MEMS electrical cross-point switch is provided that includes a microelectronic substrate, a magnetic element attached to the microelectronic substrate that is free to move in a predetermined direction in response to a magnetic field and an electrical element connected to the magnetic element for movement therewith to selectively switch electric current. The invention provides for a MEMS electrical cross-point switching array that includes a microelectronic substrate, a magnetic field source in circuit with said microelectronic substrate, a plurality of first and second electrical lines disposed on the microelectronic substrate in an array formation, and a plurality of the in-plane MEMS electrical cross-point switches as described above disposed at the cross point of a first and second electrical lines.

[Machine Translation](#)[Clone](#)[SITE MAP](#) | [CONTACT US](#) | [PRODUCTS&SERVICES](#) | [RELATED LINKS](#)

Copyright © 2003 SIPC. All Rights Reserved

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01101377. X

[43] 公开日 2001 年 8 月 1 日

[11] 公开号 CN 1306291A

[22] 申请日 2001.1.16 [21] 申请号 01101377. X

[30] 优先权

[32] 2000.1.20 [33] US [31] 09/487,976

[71] 申请人 克罗诺斯集成微系统公司

地址 美国北卡罗来纳州

[72] 发明人 爱德华·A·希尔

拉马斯瓦米·马哈德万

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

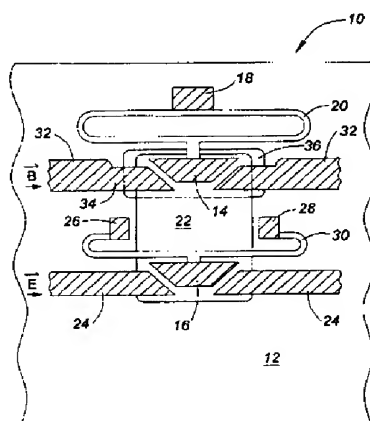
代理人 王茂华

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图页数 13 页

[54] 发明名称 MEMS 磁性致动开关及相关的开关阵列

[57] 摘要

一种 MEMS 电交叉点开关,包括一个微电子衬底,一个磁性元件,附于微电子衬底,并且响应磁场而在预定方向自由地移动,和一个电元件,与磁性元件连接,以与其一起移动,以有选择地转换电流。还提供一种 MEMS 电交叉点开关阵列,包括一个微电子衬底,一个磁场源,与所述微电子衬底连通,多条第一和第二电线,以阵列形状安排在微电子衬底上,和多个如上所述的平面内 MEMS 电交叉点开关,安 排在第一和第二电线的交叉点。



权 利 要 求 书

1. 一种 MEMS 电交叉点开关, 包括一个微电子衬底(12), 其特征在于:

一个磁性元件(14), 附于微电子衬底(12), 并且响应磁场而在预定方向自由地移动, 以有选择地使电流从磁性传导的第一电线(24)转换到第二电线(26)。

2. 权利要求 1 的 MEMS 电交叉点开关, 还包括一个夹持元件(36), 安排在所述微电子衬底上, 并且与所述磁性元件连通, 其中施加夹持力使所述磁性元件夹持在所述衬底上。

3. 权利要求 2 的 MEMS 电交叉点开关, 其中所述夹持元件包括一个夹持电极(224), 它能够施加电压, 以使所述磁性元件夹持在所述衬底上。

4. 权利要求 2 或 3 的 MEMS 电交叉点开关, 其中所述夹持元件包括一个夹持磁极(154), 它能够施加磁场, 以使所述磁性元件夹持在所述衬底上。

5. 权利要求 2、3 或 4 的 MEMS 电交叉点开关, 其中所述夹持元件包括一个机械夹持件, 它能够施加机械力, 以使所述磁性元件夹持在所述衬底上。

6. 一种 MEMS 电开关阵列, 包括一个微电子衬底(122), 和一个与所述微电子衬底连通的磁场源(14), 其特征在于:

多条第一和第二电线(124, 126), 以阵列形式安排在微电子衬底(122)上, 其中所述第一电线(124, 126)是磁性传导的; 和

多个 MEMS 电交叉点开关(120), 安排在微电子衬底(122)上, 其中各 MEMS 电交叉点开关(120)包括一个磁性元件(152), 附于微电子衬底, 并且响应磁场而在预定方向自由地移动, 以有选择地使电流从多条第一电线(124)中的一条转换到多条第二电线(126)中的一条。

7. 权利要求 6 的 MEMS 电开关阵列, 其中所述多个 MEMS 电交叉点开关贴近多条第一电线中的一条与多条第二电线中的一条之间的

重叠处单独安排。

8. 权利要求 6 或 7 的 MEMS 电开关阵列，其中所述多条第一和第二电线安排在所述微电子衬底上，以便所述多条第一电线限定第一电线的各个行，而所述多条第二电线限定第二电线的各个列。

9. 权利要求 8 的 MEMS 电开关阵列，其中第一电线的所述行和第二电线的所述列以一般垂直关系重叠。

10. 权利要求 8 或 9 的 MEMS 电开关阵列，其中第一电线的所述行相对所述微电子衬底的参考中心点径向地延伸，而第二电线的所述列相对参考中心点以幅条状方式向外延伸。

MEMS 磁性致动开关及相关的开关阵列

本发明一般来说涉及微型电动机械系统(MEMS)装置,更具体地说,涉及 MEMS 磁性致动开关及相关的开关阵列。

作为常规电动机械装置,例如继电器、致动器、阀门和传感器的选择,微型电动机械系统(MEMS)最近得到了发展。由于使用简化的微电子制造技术, MEMS 装置可能是低成本装置。因为 MEMS 装置物理上能比常规电动机械装置小得多,所以还可能提供新功能。

MEMS 技术的许多可能施加利用 MEMS 致动器。例如,许多传感器、阀门和定位器使用致动器提供移动。如果适当地设计, MEMS 致动器能在消耗合理量的功率的同时,产生有用的力和位移。取微型悬臂形式的 MEMS 致动器已经用于施加旋转机械力,以使微型机制弹簧和齿轮旋转。压电力也用于可控制地移动微型机制结构。另外,致动器或其他 MEMS 部件的受控热膨胀用于产生驱动微型装置的力。一种这样的热致动器在 1995 年 12 月 12 日发布,题为“Microprobe”,发明人的名字为 Marcus 等人的美国专利 No. 5,475,318 中公开,该专利叙述了使微型装置移动的杠杆作用热膨胀。

已经产生了微型机制 MEMS 静电装置,这类装置使用静电力操作电开关和继电器。已经研制了各种 MEMS 继电器和开关,它们使用相对刚性的悬臂部件,或与下面衬底分开的柔性片状件,以便形成和断开电连接。这样的刚性悬臂 MEMS 静电装置的例子在 1994 年 11 月 22 日发布,题为“Non-Contact Two Position Microelectronic Cantilever Switch”,发明人的名字为 Buck 的美国专利 No. 5,367,136,和 1996 年 8 月 6 日发布,题为“Electrostatic Relay”,发明人的名字为 Ichiya 等人的美国专利 No. 5,544,001 中公开。另外,一种实施柔性式片状件布置的静电 MEMS 开关的例子在 1999 年 6 月 30 日提交,题为“High Voltage Micromachined Electrostatic Switch”,发明人的名字为

Goodwin-Johansson, 并且转让给如本发明这里所公开的相同实体的美国专利申请 No. 09/345/722 中公开。

虽然也使用磁场, 更具体地说电磁场来驱动微型电动机, 并且启动开关, 但是典型地先前使用的磁场规定各微型电动机或开关具有与其相关的个别磁场。例如, 常规 MEMS 开关矩阵包括个别微型线圈或电磁铁, 以驱动阵列中的个别开关元件, 从而带来不希望有的大而复杂的开关。开关的尺寸和复杂性特别麻烦, 因为如有些施加所需要, 开关矩阵变得很大。另外, 大多数常规开关矩阵限于平面内操作。因此, 需要产生 MEMS 磁性致动开关, 它们能在平面内或离开平面方向致动, 以适应各种开关, 这些开关能够对安排在单一微电子衬底上的电负载线, 和安排在两个不同微电子衬底上的电负载线引导电流。

因此, 需要提供 MEMS 磁性致动的开关和对应的开关阵列, 它们能够在单磁场环境中个别启动。这个好处能用微电子衬底上占有较小空间的较容易制造的大规模开关阵列实现。由于在今天的电信和试验设备工业中, 开关装置和相关的阵列是极其希望的, 所以这些好处特别吸引人。

因此提供一种 MEMS 磁性致动交叉点开关和相关的开关阵列, 其能够提供平面内和离开平面致动, 同时占有微电子衬底的最小面积。另外, 本发明的 MEMS 磁性致动交叉点开关提供一种简明阵列, 它可由单外部磁场源致动。

该 MEMS 电交叉点开关包括一个微电子衬底, 一个磁性元件, 附于该微电子衬底, 在预定方向对磁场作出响应而自由地移动, 和一个电元件, 与磁性元件连接, 以与其一起移动, 以有选择地转换电流。在操作中, 磁性元件与一个磁路连通, 并且试图与穿过磁路的磁场成一直线, 以便产生致动力。致动力驱动电元件, 以与最近的电负载通路电连接。在一个实施例中, 磁性元件和电元件通过一个束缚装置连接, 该束缚装置起磁性元件和电元件的平台作用。该电交叉点开关还可以包括一个夹持元件, 它用作使开关锁定在断开或闭合位置, 以防止开关的磁性致动发生。

在另一个实施例中，本发明提供一种 MEMS 电交叉点开关阵列，它包括一个微电子衬底，一个磁场源，与所述微电子衬底连通，多个第一和第二电线，以阵列形式安排在微电子衬底上，和多个如上所述的平面内 MEMS 电交叉点开关，安排在第一和第二电线的交叉点处。在一个实施例中，个别开关的磁性元件和电元件通过束缚装置连接，这些束缚装置起磁性元件和电元件的平台作用。个别电交叉点开关还可以包括夹持元件，它们用作使开关锁定在断开或闭合位置，以当磁场源施加于阵列时，防止开关的磁性致动发生。在一个实施例中，阵列布置为具有一系列交叉的第一和第二电负载线的 $N \times N$ 或 $N \times M$ 阵列。在另一种布置中，阵列具有一系列相对参考中心点沿圆弧延伸的第一电负载线，和一系列相对参考中心点以径向辐条型式样向外延伸的第二电负载线。在两个实施例中，开关元件都安排在第一和第二电负载线相交的交叉点。

在另一个实施例中，MEMS 磁性致动交叉点开关包括一个微电子衬底，和一个磁性元件，附于该微电子衬底，并且在预定方向对磁场作出响应而自由地移动，以有选择地从磁性传导第一电线到第二电线转换电流。在这个实施例中，电负载通路和磁路共享，以便磁性元件的磁性致动带来电流从一条电负载线到另一条的选择转换。在这个实施例中，可以使用一个夹持元件，以把开关锁定在断开或闭合位置，以防止开关的磁性致动发生。在另一个实施例中，提供一个对应的 MEMS 磁性致动开关阵列，它包括上述 MEMS 开关。

在又一个实施例中，一种离开平面 MEMS 磁性致动交叉点开关包括一个第一微电子衬底，和一个第一接触板，安排在第一微电子衬底上，可磁性移动。该开关还包括一个第二微电子衬底，与第一微电子衬底以隔开关系安排。该第二微电子衬底其上安排一个第二接触板，与第一接触板贴近安排，其中第一接触板的选择磁性致动带来电流从第一接触板转换到第二接触板。在这种双衬底实施例中，第二衬底上的第二接触板可以磁性致动，或第二接触板可以是静止实体。在本实施例中，可以使用一个夹持元件，以把第一接触板锁定在断开或闭合

位置，以防止开关的磁性致动发生。在一个选择实施例中，能在第一和第二衬底上形成上述开关的阵列，以有选择地从第一衬底上的一系列第一电负载线到安排在第二衬底上的一系列第二电负载线改变电流。

另外，提供一种用于 MEMS 电转换的方法，它包括如下步骤，对一个磁性致动 MEMS 电交叉点开关施加磁场，把开关的磁性元件吸向磁场，使与磁性元件连接的电元件致动，以及转换电流。另外，该方法在施加磁场之前，可能用于夹持开关，以使开关锁定在断开或闭合状态。

因此，本发明提供一种 MEMS 磁性致动开关和对应的开关阵列，其能够在单磁场环境中个别起动。这个好处利用在微电子衬底上占有较小空间的较容易制造的大规模开关阵列实现。

图 1 是根据本发明的一个实施例的平面内 MEMS 磁性致动开关的平面图。

图 2 是根据本发明的一个实施例的平面内 MEMS 磁性致动开关的平面图，它从一条电负载线到一条第二电负载线转换电流。

图 3 是根据本发明的一个实施例的平面内 MEMS 磁性致动开关的平面图，它包括共享电负载回路和磁路。

图 4 是根据本发明的另一个实施例的利用两个衬底的离开平面 MEMS 磁性致动开关的第一衬底结构的平面图。

图 5 是根据本发明的另一个实施例的利用两个衬底的离开平面 MEMS 磁性致动开关的第一衬底的断面图。

图 6 是根据本发明的另一个实施例的离开平面 MEMS 磁性致动开关的第一衬底的断面图，表示衬底与外部磁场之间的关系。

图 7 是根据本发明的一个实施例的平面内 MEMS 磁性致动 $N \times N$ 开关阵列的断面图。

图 8 是根据本发明的一个实施例的平面内 MEMS 磁性致动径向开关阵列的透视图。

图 9A 和图 9B 是根据本发明的另一个实施例的离开平面 MEMS

磁性致动 $N \times N$ 开关阵列的第一和第二衬底的断面图。

图 10A 和图 10B 是根据本发明的一个实施例的平面内 MEMS 磁性致动开关的断面图，它从一条电负载线到一条第二电负载线转换电流。

图 11A 至图 11E 是在制造根据本发明的一个实施例的平面内 MEMS 磁性致动开关时，各阶段的断面图。

现在参考附图，将在下文更完全地叙述本发明，其中表示了本发明的优选实施例。然而，本发明可以用不同形式实施，并且不应该如这里所述实施例限制那样构造，更确切地说，提供这些实施例，以便本公开将是彻底和完全的，并且对本领域技术人员来说将完全地传达本发明的范围。自始至终相同标号指同样元件。

图 1 是根据本发明的一个实施例的 MEMS 磁性致动开关 10 的平面图解。该开关包括一个微电子衬底 12，一个附于该微电子衬底的磁性元件 14，和一个与该磁性元件连接的电元件 16。微电子衬底典型地由硅形成，或可以使用任何其他类似的微电子衬底材料。磁性元件在预定方向响应磁场的施加而自由地移动。磁性元件的移动对应于连接电元件的移动，从而有选择地转换电流。

在图 1 所示实施例中，磁性元件 14 可以包括镍、镍/铁合金或另外适当的磁性材料。磁性元件的一般梯形平面视图形状仅作为例子表示。可以用任何允许磁性元件与所施加磁场直线对准，并且沿预定方向移动的形狀，制造磁性元件。磁性元件以锚件 18 附于衬底。该锚件可以用金属、聚合物或任何其他能够提供与衬底的附着点的材料制成。第一弹簧状元件 20 把锚件与磁性元件连接，并且规定磁性元件沿预定方向自由地移动。如所示，在一个优选实施例中，第一弹簧状元件可以包括一个发夹形弹簧。虽然发夹形弹簧提供必要的强度和弹性，但是也可以使用其他弹簧状元件，例如悬挂弹簧，以为磁性元件提供移动装置和与锚件的连接。第一弹簧状元件可以包括金属材料、聚酰亚胺材料、氮化物材料或任何其他适当的柔性材料。

磁性元件 14 覆在并且典型地附于一个束缚装置 22 上面，束缚装

置 22 用来把磁性元件与电元件 16 连接。电元件也覆在并且典型地附于该束缚装置上面。在操作中，磁性元件的磁性致动移动附着的束缚装置和连接的电元件。束缚装置可以用氮化物材料、氧化物材料、或另外适当的非磁性绝缘材料形成。在制造 MEMS 磁性致动开关期间，束缚装置与下面的微电子衬底 12 释放，以允许束缚装置自由地移动。束缚装置通过与磁性元件和电元件相关的锚件 18、26 和 28 附于衬底。磁性元件和电元件相对束缚装置的定位作为例子表示。还可能定位束缚装置，以便覆在磁性元件和电元件上面。在这里公开的本发明范围之内，还可能使用其他类似的结构构造 MEMS 磁性致动开关，以把磁性元件与电元件连接。

电元件 16 可以包括镍、金或另外适当的导电材料。电元件的一般梯形平面视图形状仅作为例子表示。可以用任何在开关操作期间，允许电元件与相关的电负载线 24 接触的形状，制造电元件。电元件通过锚件 26 和 28 附于微电子衬底。锚件可以由金属、聚合物或任何其他能够提供与衬底的附着点的材料制成。第二弹簧状元件 30 使锚件与电元件连接，并且规定电元件和附着的束缚元件，以沿预定方向自由地移动。如所示，在优选实施例中，第二弹簧状元件可以包括一个 c 形弹簧。虽然 c 形弹簧提供必要的强度和弹性，但是也可以使用其他弹簧状元件，例如悬挂弹簧，以为电元件提供移动装置和与锚件的连接。第二弹簧状元件可以包括金属材料、聚酰亚胺材料、氮化物材料或任何其他适当的柔性材料。

如图 1 说明，磁路 32 安排在微电子衬底 12 上，并且贴近磁性元件 14。磁路可以包括镍、镍/铁合金或另外适当的磁性材料。在操作中，当沿磁路施加磁通量时，磁通量用作使磁性元件与直线对准，并且产生一个力，它把磁性元件吸向该直线，从而移动束缚装置和连接的电元件。在所示实施例中，磁路一般位于与微电子衬底平行，并且一般与磁性元件的预定移动方向垂直。如所示，磁路可能在颈部 34 变窄，以使磁通量集中在贴近磁性元件的位置处。另外，磁路覆在贴近磁性元件的束缚装置上面，但是不阻止束缚装置的自由移动。为了在磁性

元件中达到必要的吸引力，磁路典型地将传送约 200 高斯的最小磁场。

电负载线 24 安排在微电子衬底 12 上，并且贴近电元件 16。电负载线可以包括铜、金、铝、多晶硅或另外适当的导电材料。在操作中，当穿过磁路施加磁通量时，磁性元件和连接的电元件按预定方向致动。电元件的致动结果带来与电负载线的接触，因此，电元件用来闭合电路。在所示实施例中，电负载线一般位于与微电子衬底平行，并且一般垂直于电元件的预定移动方向。电负载线典型地将在贴近电元件处具有较厚的截面部分，以保证在电负载线与电元件之间的适当电接触。另外，电元件可能对应地具有增加的厚度。如所示，电负载线贴近电元件覆在束缚装置上面，但是不阻止束缚装置的自由移动。

另外，可以使用夹持元件 36，以把磁性元件夹持在非磁性致动或磁性致动的位置。夹持元件可以是静电夹持元件、静磁夹持元件或机械闭锁机构。图 1 表示一个静电夹持电极，它安排在微电子衬底 12 上，并且物理地附于束缚装置 22 的下面。在静电实施例中，电压施加于夹持电极，从而使磁性元件“锁定”在希望位置。如果希望位置是断开电状态，那么磁性元件“锁定”在非磁性致动位置。在这个断开“锁定”状态下，施加磁通量场将不带来磁性元件的致动，因此电负载线将保持在断开状态。如果希望位置是闭合电状态，那么磁性元件“锁定”在磁性致动位置。在这个闭合“锁定”状态下，能消除磁通量场，并且磁性元件和电元件将在一个闭合电负载线的位置下保持致动。静电元件可以由金属，例如镍或铜形成，或夹持元件可以由另外适当导电材料，例如掺杂硅或多晶硅形成。另外，虽然如图 1 所示夹持元件安排在衬底与磁性元件之间，但是只要在磁性元件与夹持元件之间存在适当的电绝缘，还可能使夹持元件安排在磁性元件顶上。

图 2 是根据本发明的一个实施例的 MEMS 磁性致动开关的选择实施例的平面图解。如图 2 所示，电元件 16 在致动时能够从第一电负载线 40 到第二电负载线 42 转换电流。在本实施例中，第二弹簧状元件 30 用作锚件 26 和 28 与电元件之间的连接，以及用作电元件与第二电负载线之间的电连接。锚件 28 安排在第二电负载线上，并且用作附着

点和电接触。在本实施例中，第二弹簧状元件将由导电材料，典型地金属材料形成。第二弹簧状元件可以包括如所示那样的 c 形弹簧，或第二弹簧状元件可以包括另外能够提供必要的弹性和电连接的适当弹簧状元件。第一和第二电线典型地由铜、金、铝或类似的电互连材料形成。如所示，第一电线和第二电线以一般垂直关系安排在微电子衬底上，以使开关阵列的形成变得容易，然而，除通过开关的起动外，第一和第二电线不接触。在不违反这里公开的本发明的范围下，第一和第二电线可以按其他布置关系例如平行来安排。

图 2 实施例也可以包括一个夹持元件 36，它用来使磁性元件夹持在非磁性致动或磁性致动的位置。夹持元件可以是静电夹持元件、静磁夹持元件或机械闭锁机构。图 2 表示一个静电夹持元件，它安排在微电子衬底 12 上，并且物理地附于束缚装置 22 的下面。静电夹持元件可以由金属例如镍或铜形成，或夹持元件可以由另外适当的导电材料，例如掺杂硅或多晶硅形成。虽然如图 2 所示夹持元件安排在衬底与磁性元件之间，但是只要在磁性元件与夹持元件之间存在适当的电绝缘，还可能使夹持元件安排在磁性元件顶上。

可选择地，如图 3 的顶视图解所示，可能制造本发明的 MEMS 磁性致动开关 10，以便磁路和电负载线安排在微电子衬底上，并且共享一个公用导电磁性元件 50。在本实施例中，电负载线和磁路可以包括一条单线 52，它能够既传递磁场又传递电流。在所示实施例中，一条单线 52 是一条不中断的电线，它具有一个通过一条单线 52 和互连线 53 的通路。可选择地，一条分开的电负载线可以在磁路下面或上面。本实施例消除了需要具有一个分开的电元件和对应的束缚装置。在操作中，当穿过该线施加磁通量时，提供把导电磁性元件吸向磁场所必要的力。这个致动使导电磁性元件与电线接触，并且使电流从该线转换到第二电线 54。在该实施例中，其中电负载线在磁路下面或上面，导电磁性元件可以包括分层合成物，它由贴近磁路的磁性材料，例如镍或镍/铁，导电材料，例如金，和把磁性材料与导电材料分开的绝缘材料形成。

在图 3 实施例中，与图 2 所示实施例类似，一个弹簧状元件 56 用作锚件 58 和 60 与导电磁性元件 50 之间的连接，以及用作该元件与第二电线 54 之间的电连接。锚件 60 安排在第二电线上，并且用作附着点以及电接触。在本实施例中，弹簧状元件将由导电材料，典型地为金属材料形成。另外，可以使用一个夹持元件 36，以对导电磁性元件提供夹紧力。夹持元件可以是静电、静磁或机械闭锁机构。在本实施例中，所示夹持元件是一个附于导电磁性元件的下面的电极，并且典型地由导电金属，例如铜、金或其他类似金属，掺杂硅或多晶硅形成。虽然如图 3 所示夹持元件安排在衬底与导电磁性元件之间，但是只要在导电磁性元件与夹持元件之间存在适当电绝缘，还可能使夹持元件安排在导电磁性元件顶上。

本发明还以一种使用两个微电子衬底的 MEMS 磁性致动开关实施。图 4 和图 5 是用于制造根据本发明的一个实施例的 MEMS 磁性致动开关的两个微电子衬底中第一个的平面图和断面图。MEMS 开关 70 包括第一微电子衬底 72，在该衬底上安排有磁性可移动的第一电接触 74。该接触安排在第一接触板 76 上。第一接触板通过连接弹簧 80 与电负载线 78 电连通。第一微电子衬底典型地将由硅或类似的微电子衬底材料形成。还可能提供一种磁性衬底，在这种情况下，在安排电负载线 78 之前，可能要求一个绝缘层。第一电接触 74 可以由金或另外适当的导电材料形成。第一接触板 76 和连接弹簧 80 可以包括磁性材料，例如镍或镍/铁合金，并且典型地将敷以导电材料，例如金。电负载线典型地由导电材料，例如金形成，并且覆在一厚层磁性材料，例如镍或镍/铁合金上面。连接弹簧的布置和数量仅作为例子表示。还可能还有其他连接弹簧布置和数量，并且它们在这里公开的本发明范围之内。

在操作中，贴近第一微电子衬地施加磁场源。磁场源典型地将产生磁通量，它从衬底的底面穿过衬底、电负载线下面的磁性材料、弹簧状元件和接触板流通，以实行接触的向上移动。这个关系从图 6 更容易地观察，图 6 画出根据本发明的一个实施例的具有两个微电子衬

底的 MEMS 磁性致动开关 70 的断面图。外部磁场源 100 用来产生磁场。在一个优选实施例中，磁场源可以是一个电磁铁，然而也可以使用其他磁场源。磁场源产生一般环形的磁力线，它从第一微电子衬底 72 的下面进入开关装置，并且在第二微电子衬底 102 的顶面退出。典型地，邻近第一和第二衬底将安排磁极件 104，以增强和引导磁场。磁通量流过衬底、第一电负载线 78 下面的磁性材料 82、弹簧状元件(图 6 中未示出)和第一接触板 76。由磁通量产生的力使弹簧状元件向上移动，因此，举起第一接触板。在致动时，使第一接触板 76 和第一接触 74 与安排在第二微电子衬底上对应的第二接触板 106 和第二接触 108 电接触。第二接触结构在构造方面可能一般地与第一接触同样(图 4 和图 5 所示)，或第二接触可以是静止接触，它不由磁场的施加而致动。一旦使第一衬底的第一接触与第二接触电接触，则第一电负载线 78 的电流转换到安排在第二衬底上的第二电负载线 110。第一和第二微电子衬底以预定隔开关系安排。可以使用支持结构 112，例如焊料凸起或其他已知支持结构，以产生第一与第二微电子衬底之间存在的隔开关系。

另外，如图 4 和图 5 所示，可以使用夹持元件 36，以把接触板夹持在非致动或致动位置。夹持元件可以是静电夹持元件、静磁夹持元件或机械闭锁机构。如图 4 和图 5 所示，静电夹持元件 36 安排在微电子衬底上，并且一般位于 MEMS 开关的第一接触板下面。夹持电极的布置仅作为例子表示，在不违反这里公开的本发明的概念下，夹持电极还可能安排在衬底之内，或相对开关以其他关系安排。一旦在第一接触板与夹持电极之间施加电压差，它就用作使第一接触板静电地锁定在一个将不受磁场力的影响的静止位置。附于第一接触板 76 下面的束缚装置 84，用作通过弹簧状元件 86 对第一接触板提供附加回弹。束缚装置通过弹簧状元件 86 以锚件 88 附于衬底。在一个实施例中，如所示，弹簧状元件可以包括发夹弹簧。虽然发夹弹簧提供必要的强度和弹性，但是也可以使用其他弹簧状元件，例如悬挂弹簧，以为束缚装置提供移动装置和与锚件的连接。弹簧状元件可以包括聚酰亚胺

材料、金属材料或任何其他适当的柔性材料。在许多实例中，在夹持操作期间，由连接弹簧 80 提供的回弹足够，因此，消除了在使用夹持电极时，需要包括束缚装置 84 和弹簧状元件 86。

在静电实施例中，对夹持电极施加电压，从而使第一接触板“锁定”在希望位置。如果希望位置是断开电状态，那么第一接触板“锁定”在非磁性致动位置。在这个断开“锁定”状态下，施加磁通量场将不带来第一接触板的致动。静电夹持元件可以由金属，例如镍或镍/铁合金形成，或夹持元件可以由另外适当的导电材料形成。

根据本发明的另一个实施例，MEMS 磁性致动开关可以按开关阵列布置，开关阵列允许单磁场源致动阵列中的个别开关。单磁场源典型地与可闭锁磁性致动开关耦合，提供简化的总体阵列开关。

图 7 说明一个简单 $N \times N$ 交叉点开关阵列的平面图。在所示实施例中，开关 120 安排在微电子衬底 122 上，位于沿一般水平线布置的第一电负载线 124 和沿一般垂直线布置的第二电负载线 126 的交叉点。在操作中，该开关阵列具有把电流从任何一条第一电负载线(即输入线)转换到任何一条第二电负载线(即输出线)的能力，或取决于电流方向，反之亦然。通过使用夹持元件，个别开关能“锁定”在非致动位置，以便穿过阵列施加磁场仅起动自由地致动的“未锁定”开关。图解所示的 3×3 阵列仅作为例子。其他阵列布置是可行的，并且第一电负载线的数量可以与第二电负载线的数量不同，以便结果阵列不对称。

图 8 说明根据本发明的一个实施例的另一个 MEMS 磁性致动交叉点开关阵列 140 的透视图。本实施例结合了径向开关阵列，其中第一电负载线 142 在微电子衬底 146 上相对参考点 144 沿同心圆弧安排，而第二电负载线 148 相对参考点向外径向地延伸。本发明的 MEMS 磁性致动开关 150 安排在第一和第二电负载线的交叉点。磁场源 152 可以是如所示安排在衬底之下或衬底之上的电磁铁。可以使用其他磁场源，例如永久磁铁，并且在某些情况下可能希望校正线圈来耗散磁场。在本实施例中，其中电磁铁安排在衬底之上，可能有必要提供带有馈入装置的输入/输出引线，以对阵列结构外部的垫片提供通路。电磁铁

可能包括常规环形铁芯，其中安排有线轴和线圈布置。在图 8 描绘中，磁极件 154 安排在径向阵列的外周围，以使磁通量集中在希望磁路。磁极件典型地由镍、镍/铁合金或类似磁性材料形成。在参考中心点，在衬底上安排一个中心磁极件 156，以起磁场集中器作用，并且保证适当的磁路。

图 9A 和图 9B 是第一和第二微电子衬底的平面图，包括根据本发明的一个实施例的另一个 MEMS 磁性致动交叉点开关阵列。图 9A 说明第一微电子衬底 160，而图 9B 说明第二微电子衬底 170。第一微电子衬底包括安排在其上的第一电负载线 162，和安排在第一电负载线 162 之内的 MEMS 磁性致动开关 164。第一电负载线可以是如所示的电输入线。如前所讨论，在双衬底实施例中，第一衬底开关的磁性致动沿一般与第一衬底垂直的离开平面方向移动第一接触。在致动时，第一接触与安排在第二衬底上的对应第二接触电接触。第二微电子衬底包括安排在其上的第二电负载线 172，和静止接触板 174 或 MEMS 磁性致动开关 174。第二电负载线可以是如所示的电输出线。在双衬底实施例中，第二接触可以是静止的，或第二接触可以是磁性致动的。第一和第二微电子衬底为隔开关系，以便第一衬底上的各开关对应于第二衬底上的接触板或开关。隔开关系可以由各种支持结构，例如焊料凸起建立。通过在个别开关上使用夹持元件，有可能在施加磁场之前使开关“锁定”在断开位置，从而有选择地选择那些将为活动的开关，和那些将不活动的开关。

本发明还以制造 MEMS 磁性致动开关的各种方法实施。图 10A 和图 10B 画出图 2 所示 MEMS 磁性致动开关的两个断面图。图 10A 是沿 A-A 直线的 MEMS 开关的断面图，而图 10B 是沿 B-B 直线的 MEMS 开关的断面图。参考图 10A，微电子衬底 200 具有安排在其上的薄电介质层 202。该微电子衬底可以包括硅、石英、铝、玻璃或任何其他适当的微电子衬底材料。如果在衬底上安排非磁性电介质层，还可能对衬底使用磁性材料，例如铁氧体镍。该电介质层可以包括氮化硅、氧化硅或任何其他适当的电介质材料。电介质层典型地通过使

用常规化学汽相淀积(CVD)技术布置在衬底上。电介质用作使电负载线导体金属与衬底隔离。第二电负载线 204(图 2 中的垂直负载线)通过标准成图和蚀刻过程布置在衬底上。第二电负载线可以包括任何导电材料,例如掺杂硅、铜、铝或其他类似材料。电介质束缚装置 206 安排在位于衬底之上的无材料区 208 之内。无材料区通过在加工过程中安排牺牲层形成,牺牲层随后被移去,以允许某些预定结构在预定方向自由地移动。电介质束缚可以由氮化硅形成,或可以使用任何其他适当的电介质材料。第一电负载线 210(图 2 中的水平负载线)安排在衬底上,并且在束缚装置之上。第一电负载线可以包括任何导电材料,例如铜、镍、铝或其他类似材料。典型地,第一电负载线将覆有一薄层金属材料(图 10A 中未示出),例如金或其他类似材料,以保证接触点的低电阻。

参考图 10B,与图 10A 描绘类似,微电子衬底 200 具有一个安排在其上的薄电介质层 202。并且,在本图解中所示,在衬底和电介质层中间是一个夹持电极层 212,它安排在衬底上。衬底中的夹持电极层与磁性元件或一个可选的夹持电极 24 和谐地使用,以产生夹持力。在某些实施例中,其中衬底是导电的,将不要求在衬底中使用埋置的夹持电极。夹持电极典型地包括强导电材料,例如铜或其他类似材料。在衬底上安排一个锚件 214,它用作支持束缚装置,并且对夹持元件提供箝位电压。锚件将由导电材料,例如镍或其他类似材料形成。一个弹簧状元件 216 将附于锚件和磁性元件 218。该弹簧状元件提供一种使束缚装置自由移动的装置,并且典型地将由柔性导电材料,例如多晶硅或类似材料形成。磁性元件 218 将包括磁性材料,例如镍、镍/铁合金或其他类似材料。电介质束缚装置 206 安排在微电子衬底之上,并且与微电子衬底释放。束缚装置用作磁性元件和电元件 220 的平台。束缚装置之下无材料区 222 在制造期间通过牺牲层形成。无材料区用作提供束缚装置的自由移动。一个可选的夹持电极 224 安排在束缚装置之下,并且物理地附于束缚装置。夹持电极典型地将包括强导电材料,例如铜或其他类似材料。在本实施例中,其中夹持电极

安排在衬底上，磁性元件 218 和夹持元件用作提供静电夹持能力，消除需要在衬底中包括夹持电极层 212。电元件 220 安排在束缚装置上，并且典型地由金属导体，例如镍、金、铜或它们的合金形成。电元件典型地覆有低电阻材料 226，例如金，以保证适当的电接触。一个弹簧状元件 228 附于电元件，并且与衬底和第二电负载线(图 10B 中未示出)连接。第一电负载线 210 安排在微电子衬底上，贴近电元件，以便磁性元件的致动引起连接的电元件与第一电负载线 210 接触。

图 11A 至图 11E 是在制造根据本发明的又一个实施例的 MEMS 磁性致动开关时的各种步骤的断面图。图 11A 表示一个微电子衬底 300，它具有一个接地夹持电极层 302，和一个安排在其上的电介质层 304。该微电子衬底可以包括硅、石英、铝、玻璃或任何其他适当的微电子衬底材料。如果在衬底上安排一个非磁性电介质层，还可能对衬底使用一种磁性材料，例如铁氧体镍。接地夹持电极典型由金属材料，例如铜、镍或其他类似材料形成，并且由常规扩散或淀积技术安排。图 11B 说明在第一导电层 306 已被淀积、成图和蚀刻，以限定第二电负载线(即图 2 中的垂直负载线)之后，MEMS 磁性致动开关构造。导电层可以包括适当的导电材料，例如掺杂硅、铜或其他类似材料。

图 11C 画出在已经淀积、成图和蚀刻第一牺牲层 308，以限定锚件将与衬底连接的区域之后，MEMS 磁性致动开关。牺牲层典型地将包括由常规 LPVCD 技术安排的低温氧化材料，并且随后将被移去，以从衬底释放预定元件。图 11D 表示在已经淀积、成图和蚀刻电介质层 310，以限定电介质束缚装置之后，MEMS 开关构造。典型地电介质层将包括氮化硅，或可以使用另外适当的非磁性电介质材料。在淀积电介质层之后，淀积、成图和蚀刻第二牺牲层 312，以在束缚装置上限定区域，在那里将形成磁性和电元件。

参考图 11E，表示在已经淀积、成图和蚀刻磁性层 314，以限定锚件结构和磁性元件之后，MEMS 磁性致动开关。典型地，磁性层将包括镍、镍/铁合金或类似磁性材料。在安排和限定磁性层之后，淀积、成图和蚀刻第二导电层(图 11E 中未示出)，以限定第一电负载线(即图

2 中的水平负载线)和电元件。第二导电层典型地由铜、镍、铝或其他类似材料形成。在形成开关元件之后,释放操作移去牺牲层,以提供束缚装置的活动性。

因此,本发明能够提供一种 MEMS 磁性致动开关和对应的开关阵列,其能够在单磁场环境中个别地活动。通过实现夹持元件,开关能个别地在阵列布置中设定地址。这个好处能以微电子衬底上占有较小空间的较容易制造的大规模开关阵列来实现。另外,本发明提供既给予平面内致动又给予离开平面致动的实施例。

本领域技术人员将会想到本发明的许多变更和其他实施例,它们属于本发明,具有上述和附图中提出的技术好处。因此,应该理解本发明不限于公开的特定实施例,并且各种变更和其他实施例打算包括在所附权利要求的范围之内。虽然这里使用了特定术语,但是它们仅在一般和说明意义使用,并且不作为限制目的。

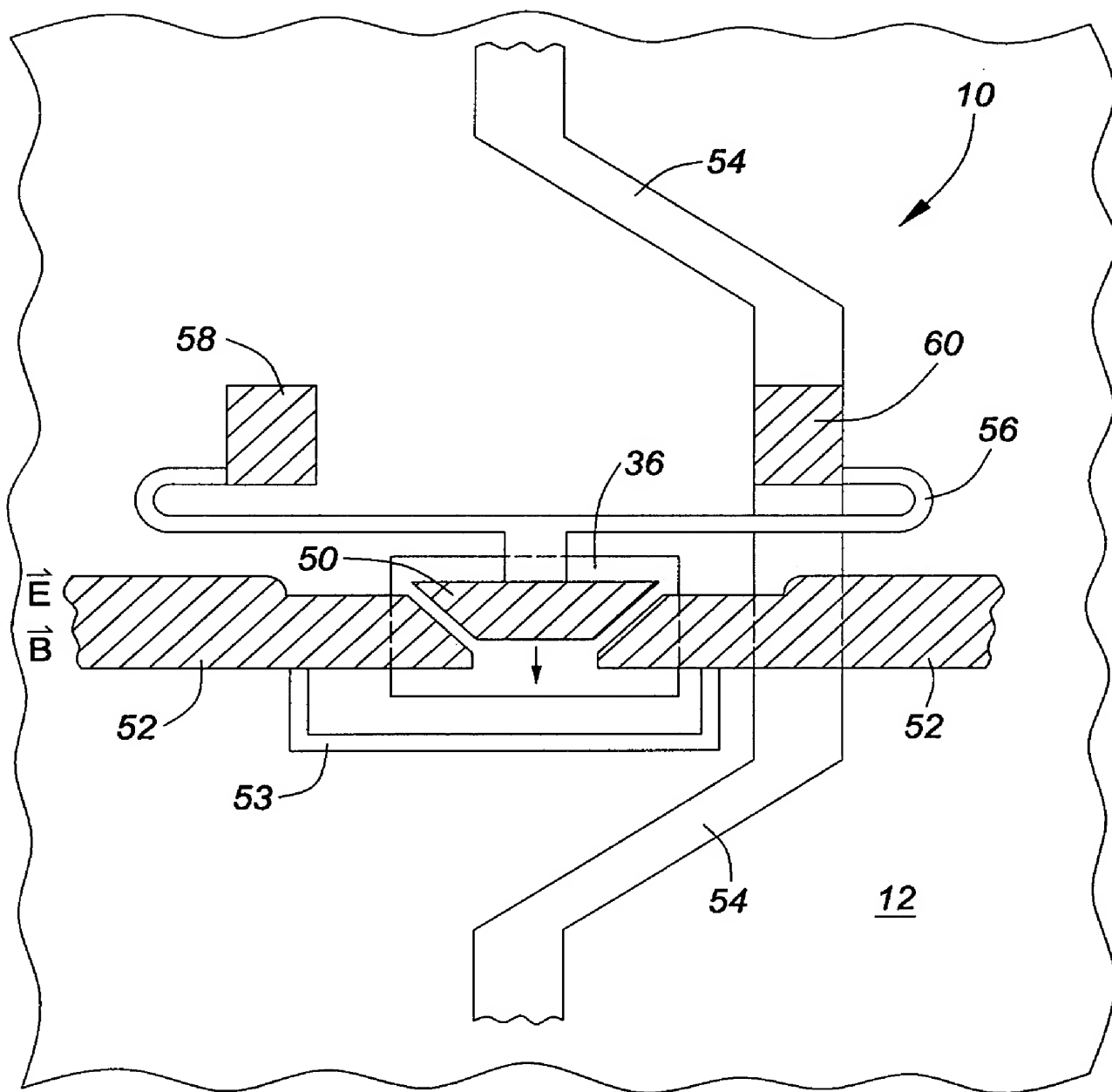


图 3

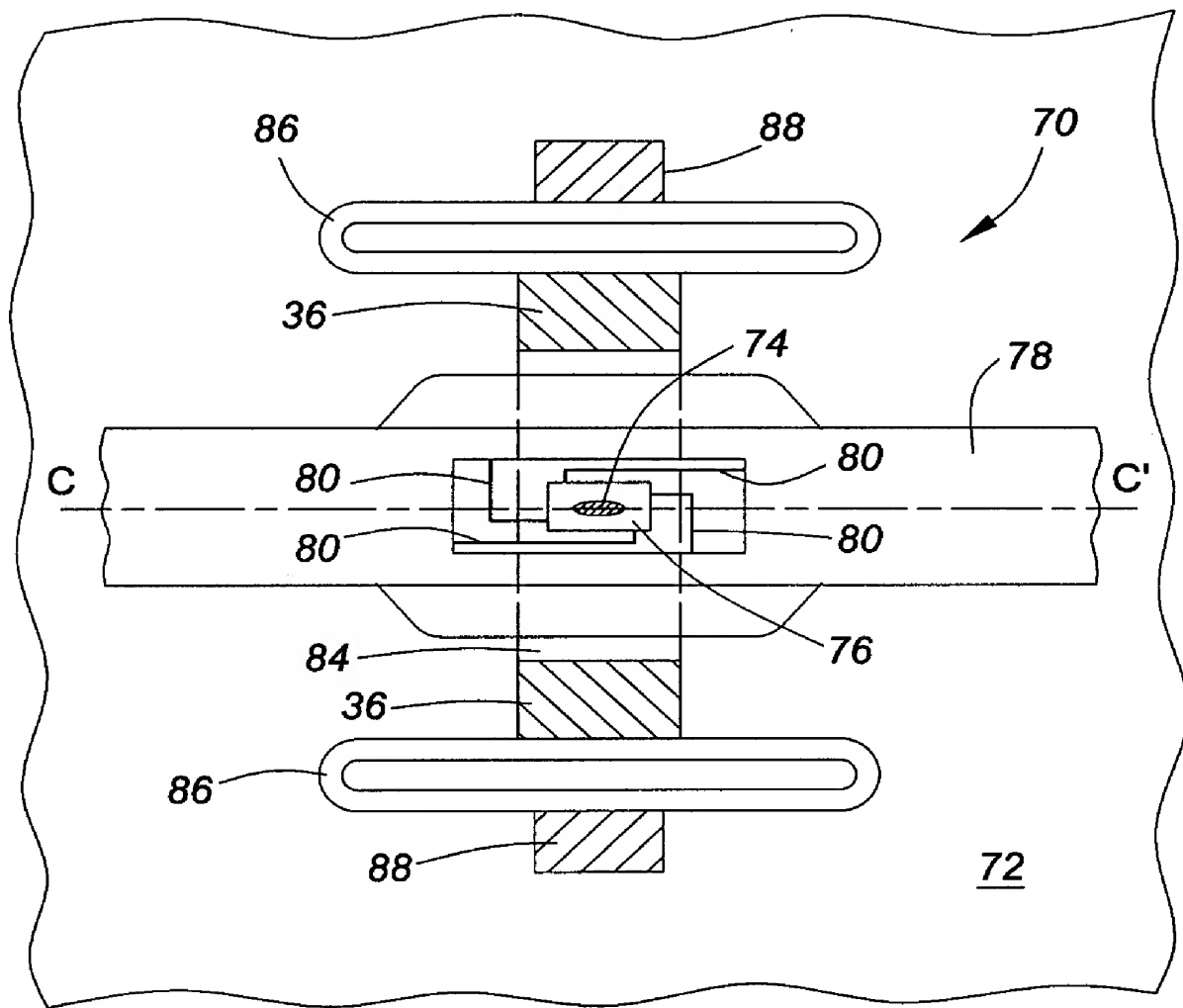
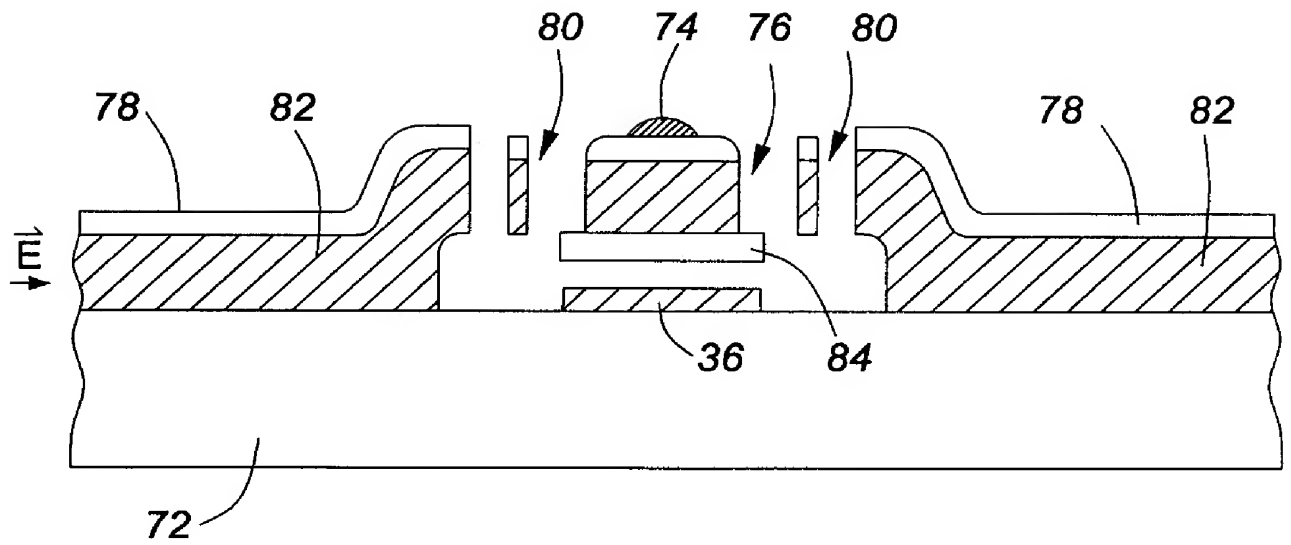


图 4



C-C'

图 5

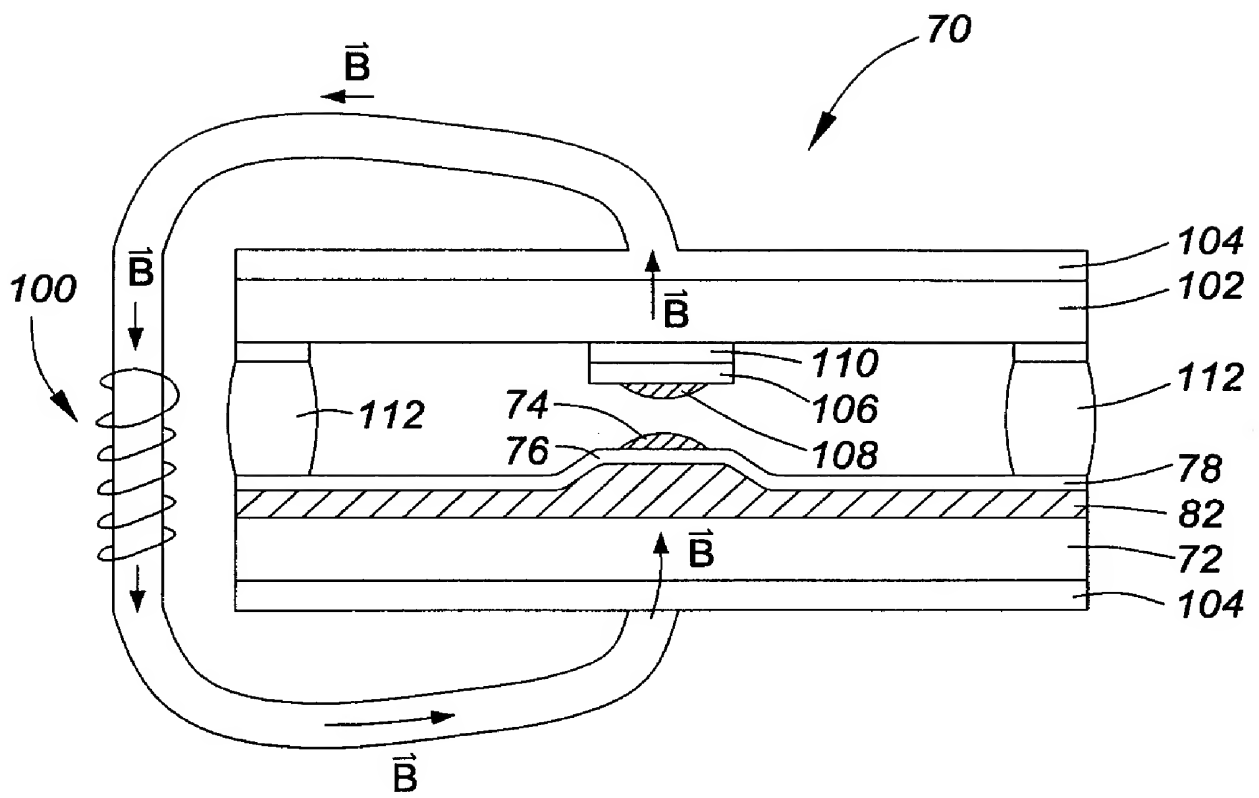


图 6

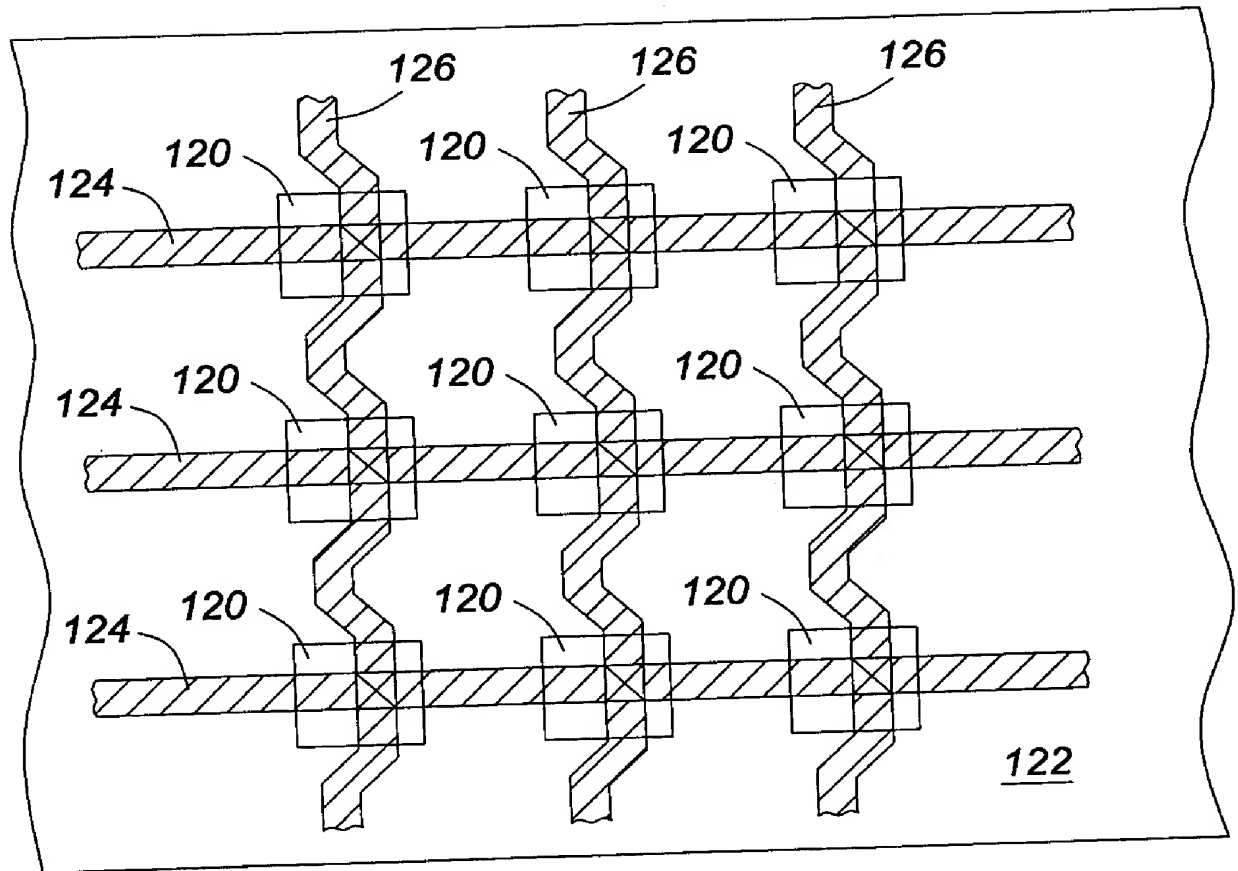


图 7

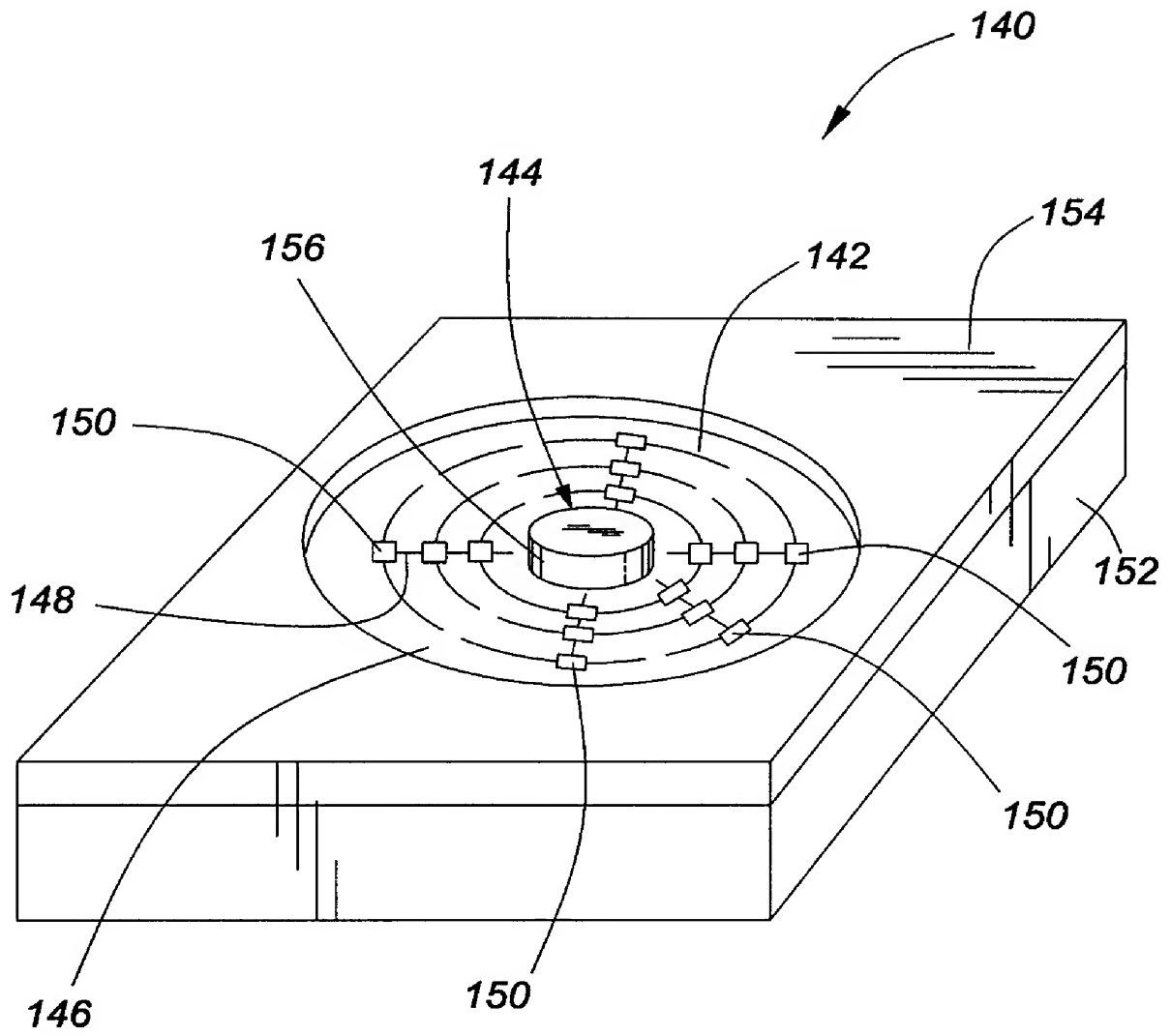


图 8

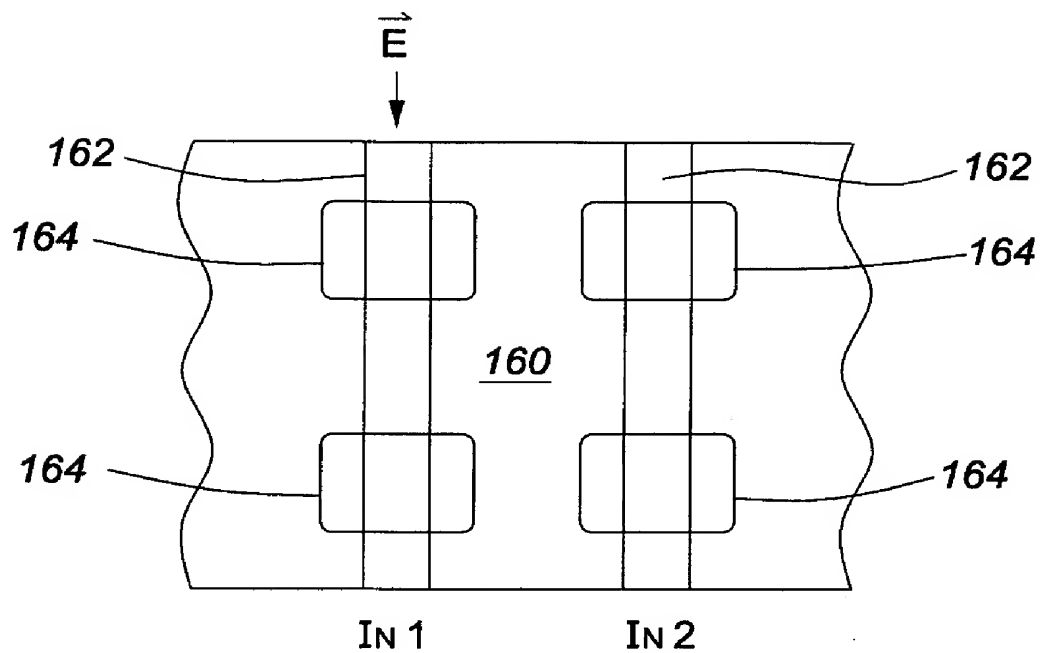


图 9A

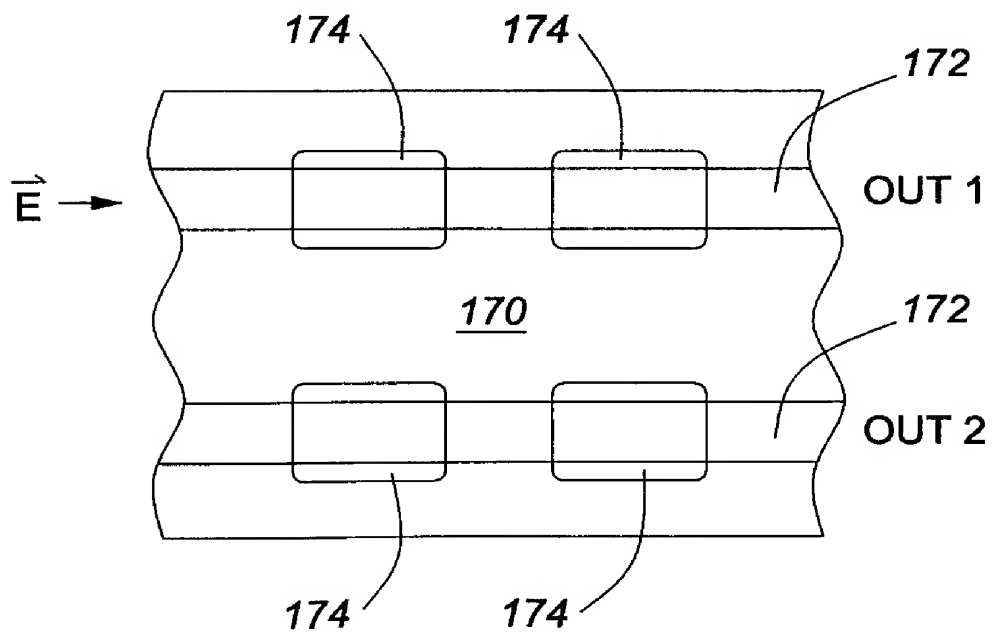
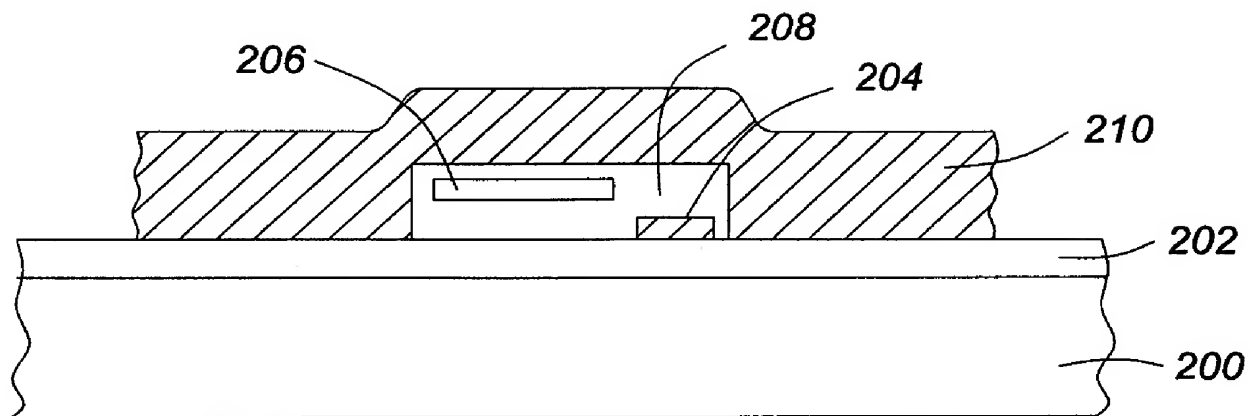
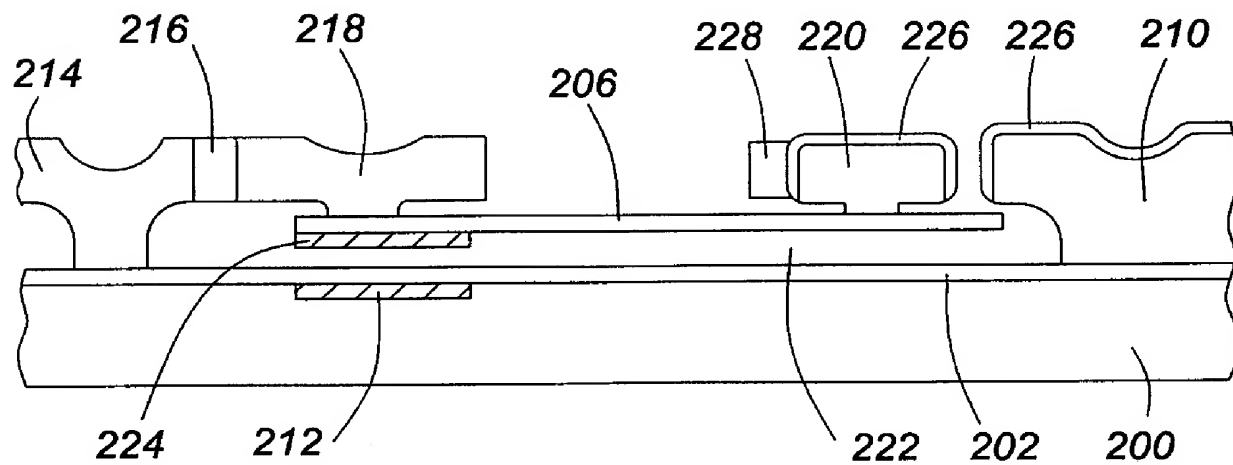


图 9B



A-A'

图 10A



B-B'

图 10B

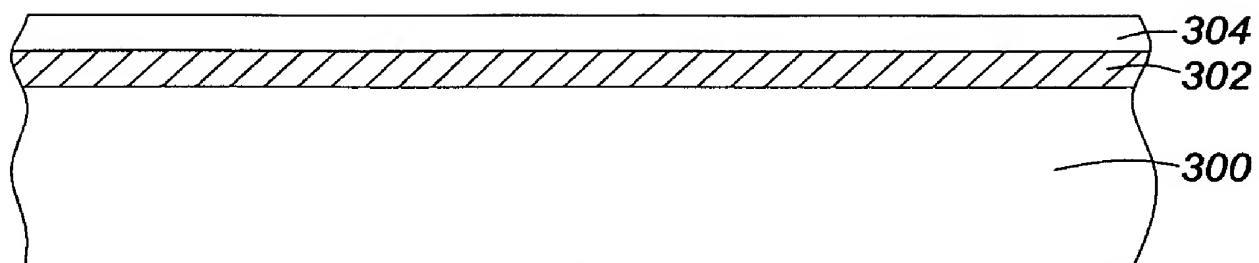


图 11A

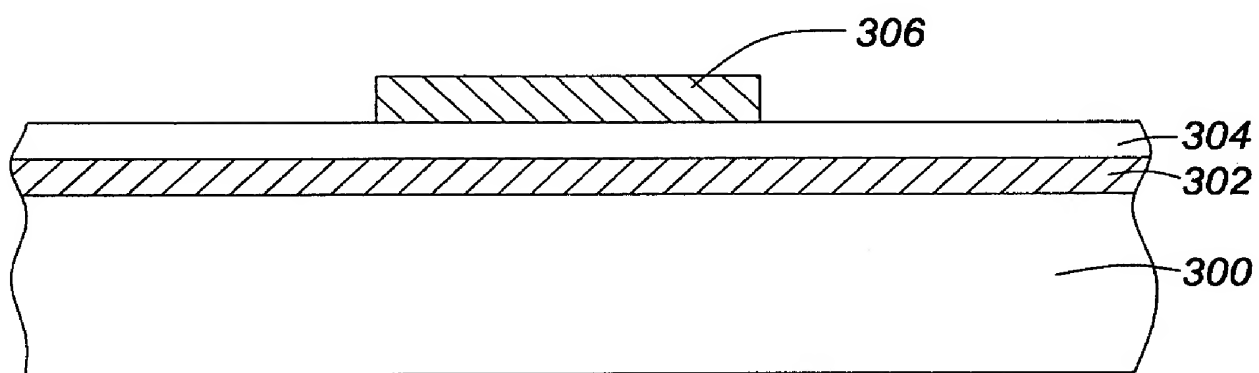


图 11B

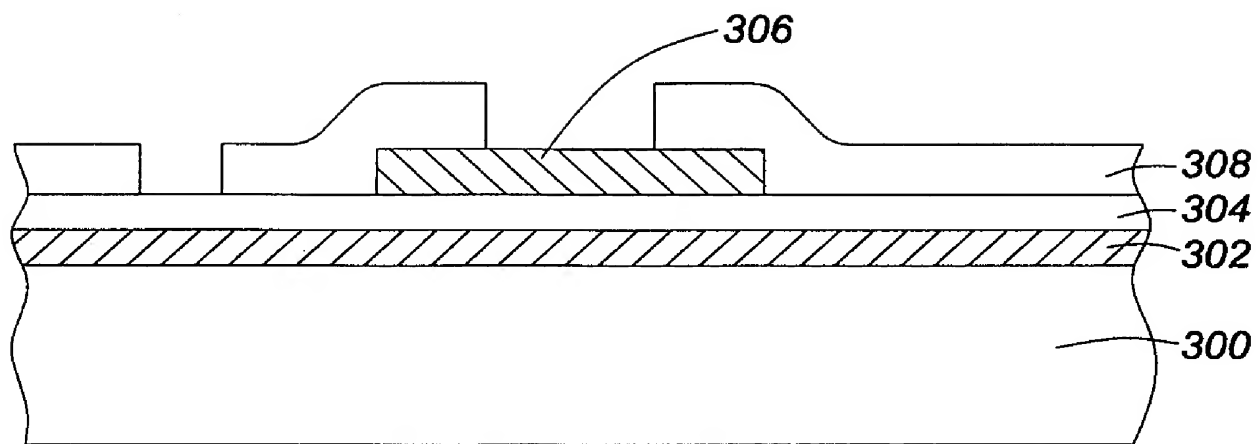


图 11C

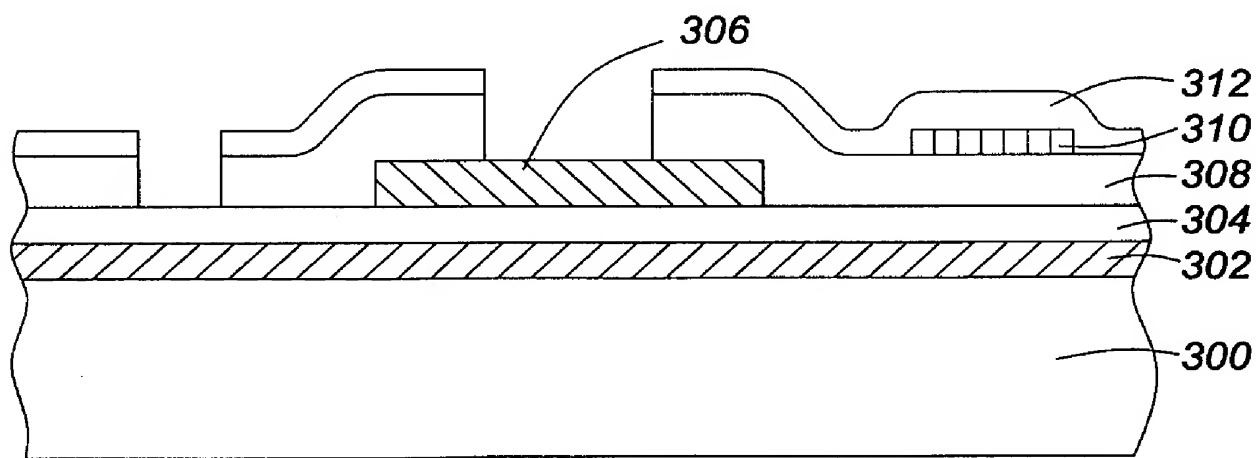


图 11D

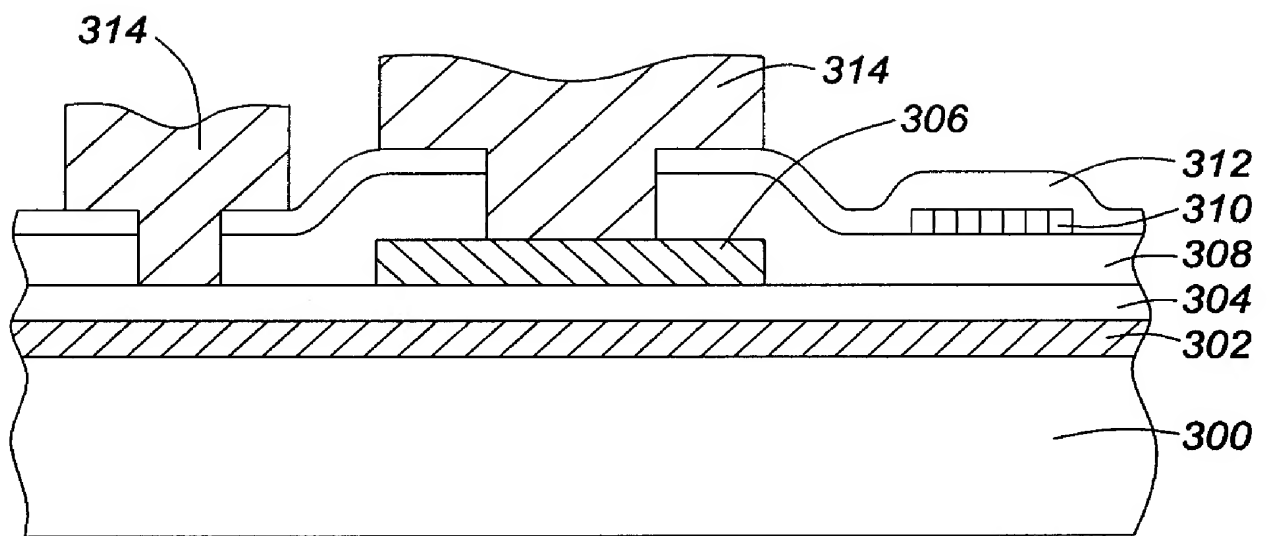


图 11E